

夏季における有明海の底質とマクロベントス

金澤 孝弘・林 宗徳
(有明海研究所)

Summer Sediment Conditions and Macrobenitic Community in the Ariake Sea

Takahiro KANAZAWA, Munenori HAYASHI*
(Ariakekai Laboratory)

福岡県有明海区は有明海湾奥の北東部に位置する内湾性の極めて強い海域である。6mに達する国内最大の干満差や特有の潮流、筑後川を含む多数の河川水流入など複合的要因によって広大な干潟域が形成されている。また、河川から供給される豊富な栄養塩類は海域の生産力を高め、ノリ養殖業や採介業など漁業生産の基盤を支えている。

しかし近年、漁獲量は漸減傾向にあり、タイラギ漁の休漁¹⁾やノリ不作問題²⁾を契機に有明海の環境状態を危惧する報告がなされている³⁾。海域の環境を大別すると水環境および底環境に区分される。このうち底環境、つまり底質やマクロベントスについて県全域を網羅した調査報告はここ数年みられない。そこで、底環境が最も悪化する夏季⁴⁾に調査を実施し、底質およびマクロベントスの現状を把握するとともに、1990年8月の調査結果⁵⁾を用いて本海域の底環境について比較検討した。

方 法

図1に代表的な漁場名、海域説明の名称および調査定点を示した。海域説明の名称についてはノリ区画漁業権漁場から岸側と沖側に区分し、岸側の沿岸域を沿北部（塩塚川以北）、沿中部（塩塚川～堂面川）、沿南部（堂面川以南）の3区分、沖側の沖合域を峰の洲から東側の沖東部、西側の沖西部の2区分とした。なお、これらの区分名で説明不十分の場合は適宜、漁場名で記載した。採泥は農林水産大臣管轄区を含む福岡県有明海区内の53定点において、2001年8月22日に Grab Sampler(エクマンバージ型採泥器)を使用して実施した。

1. 底質調査

底質分析用の試料は底泥表面から3 cmまでを分取し、研究所に持ち帰って直ちに化学分析を行った。底質の分析項目は泥温、中央粒径値(Md φ)、泥分率(MC)、化学的酸素要求量(COD)、全硫化物(TS)、強熱減量(IL)とし、水質汚濁調査指針⁶⁾に準じた。なお、総ての分析は原則として2日以内に終了することとした。

2. マクロベントス調査

マクロベントス同定用の試料は採取した底泥を船上で目合1 mmの篩を使用して選別し、残存物にホルマリンを加え固定した。測定項目はマクロベントスの同定並びに種類数、個体数、湿重量とし、(株)日本海洋生物研究所へ委託した。また、Shannon-Weaver⁷⁾の情報量式を用いて多様性指数(H')を求めるとともに、多様性指数の種類数に係る多寡状況を調べるため、Pielou⁸⁾の均衡度指数(E)についても算出した。

3. 底質とマクロベントスの関係

底質およびマクロベントスの各項目について相関係数を求め、相互関係を把握した。

4. 経年比較

'90年調査の結果と比較するため、重複する12定点について直接、分析値の比較検討を行った。使用した項目はMC、COD、TS、総個体数、多様性指数である。さらに、本海区における底環境の経年変化を相対的に把握するため、主成分分析を行った。主成分分析とは多項目の変量情

* 現福岡県水産林務部漁政課

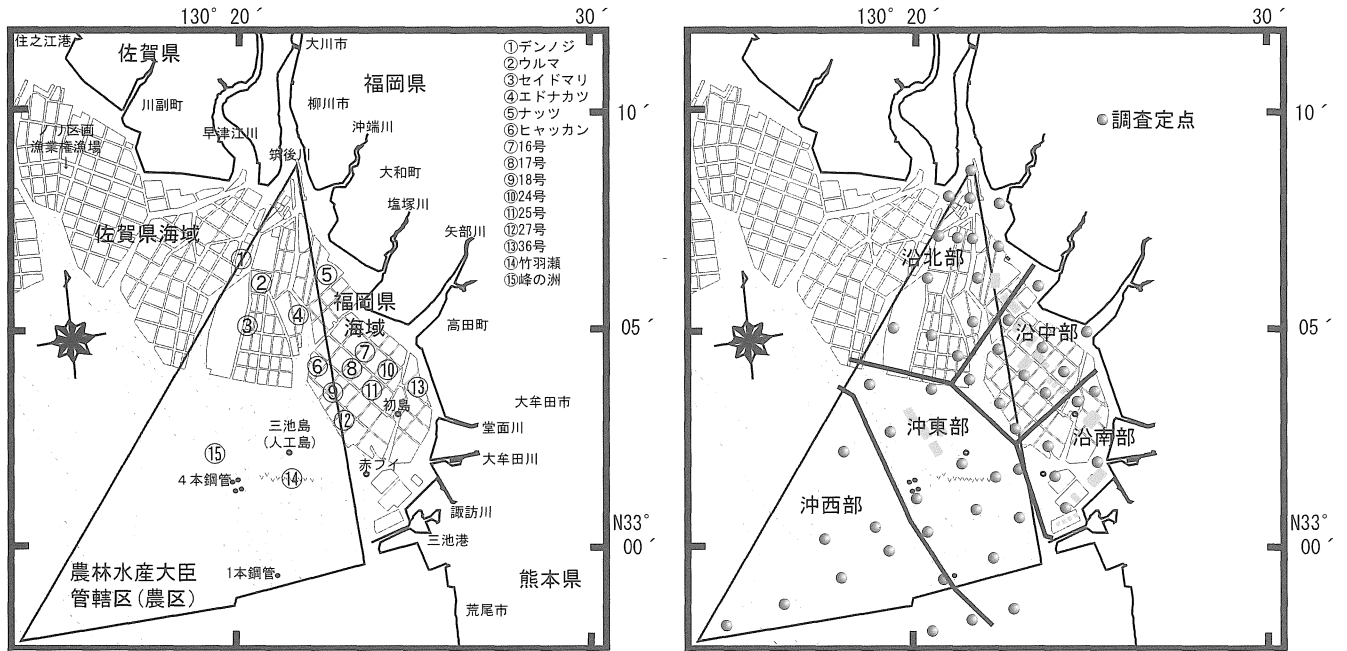


図1 漁場名，海域区分および調査定点

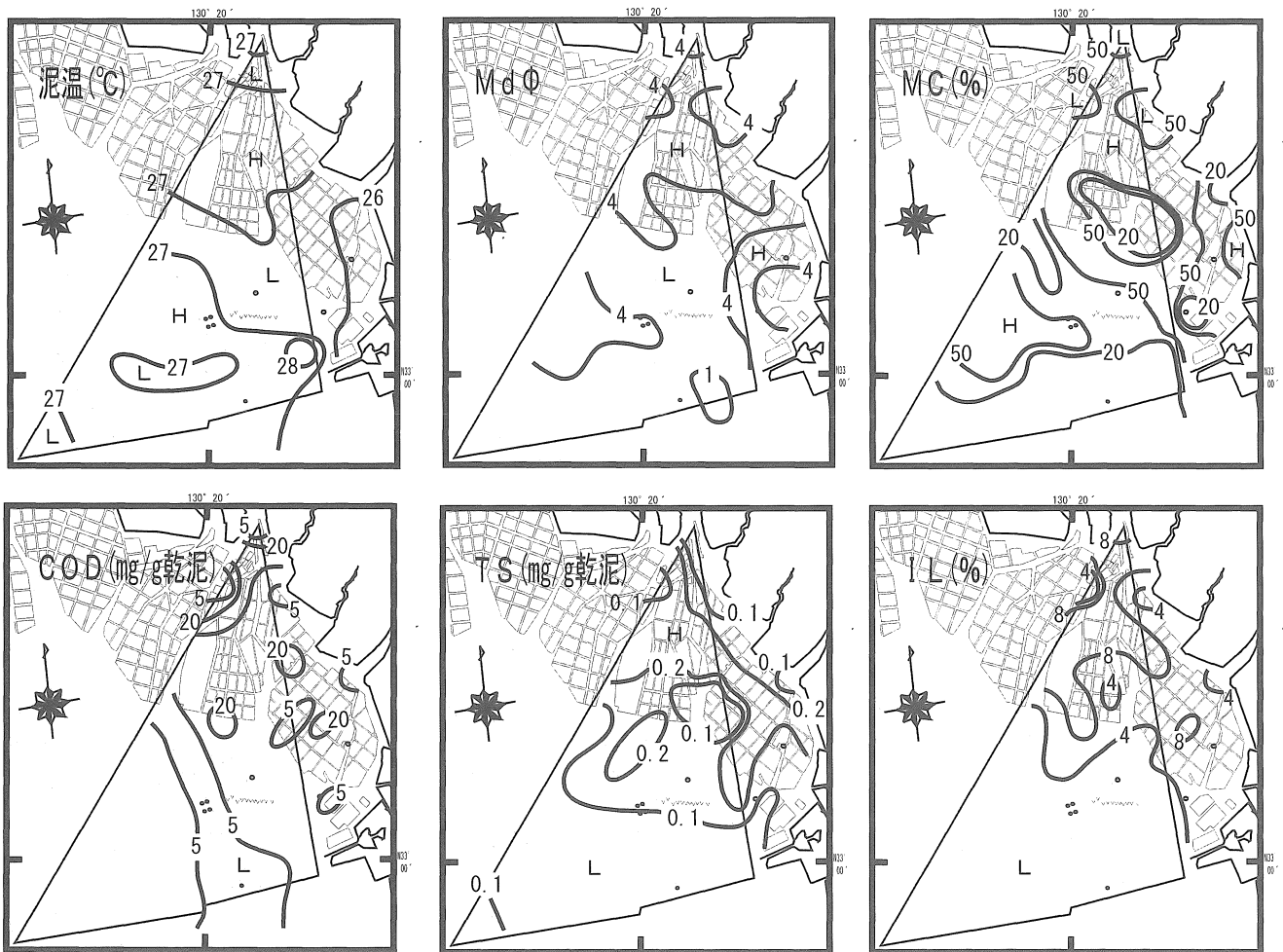


図2 底質調査における各項目の水平分布

報を合成変量に集約し、少数の変量に置換することによって全体像を把握する手法の一つである。前述した底質の3項目(MC, COD, TS)およびマクロベントスの2項目(総個体数, 多様度指数)を用い、固有値が1以上で累積寄与率が70%を超える第2主成分までを選択し主成分負荷量を求めた。その後、主成分スコアを調査定点毎に算出し、海域分類を行った。

結 果

1. 底質調査

底質調査における各項目の結果を図2に示した。

泥温は26.0~28.0°Cの範囲であって、筑後川直下を除く沿北部の一部と沖東部の北部を含めた沿中部から沿南部にかけての範囲で低温傾向を示した。Md ϕ は0.35~4以上の範囲であった。Md ϕ が4以上の泥質(シルト)は沿北部、沿中部および沿南部の一部、沖西部の一部にみられた。Md ϕ が2~3程度の砂泥質(細砂)は沿中部から沖北部にかけて広がり、Md ϕ が1以下の砂質(粗砂)は沖東部に分布がみられた。MCは2.4~96.2%の範囲であった。MCが50%以上の海域は沿岸域一帯や沖西部であった。このうち、筑後川直下やデンノジ、ナツツなどの沿北部、セイドマリから18号にかけての沿中部の一帯、矢部川直下を含む沿南部でMCは、残る沖合域とともに低い値を示した。CODは0.53~36.95mg/g乾泥の範囲であった。CODが20mg/g乾泥以上の海域は沿北部を中心とする沿岸域に点在してみられた程度であった。特に、CODが低かった海域は筑後川や矢部川直下、18号付近などの沿岸域の一部や沖合域であった。TSはND(検出限界:0.002mg/g乾泥以下)~0.48mg/g乾泥の範囲であった。筑後川や矢部川直下、ヒヤッカン周辺の沿岸域、竹羽瀬以北を除く沖合域で0.1mg/g乾泥未満の低い値を示した。TSが0.2mg/g乾泥以上の海域はウルマ、エドナカツ、25号付近を中心とした沿岸域の一帯や沖合域の一部でみられ、硫化物の上昇が伺えた。ILは0~12.44%の範囲で、沿北部を中心とした沿岸域で高く、沖合域で低かった。

2. マクロベントス調査

マクロベントス調査の結果を表1に示した。マクロベントスの出現状況は総種類数121種、総個体数44,297個体/m²、総湿重量6,731g/m²であった。種類数は多毛類、軟体類の順に多く、この2種で全体の71.9%を占めた。総個体数は軟体類、多毛類の順に多く、この2種で全体の88.5%を占めた。このうち、軟体類ではヤマホトギス(*Musculista japon-*

表1 マクロベントスの出現状況

分類群	種類数 (%)	個体数 (%)	湿重量 (%)
多毛類	57 47.1	13,527.8 30.5	231.8 3.4
ヨツバネスピオ B型	1 1.8	941.7 8.7	4.3 1.9
甲殻類	22 18.2	1,725.0 3.9	26.6 0.4
棘皮類	6 5.0	2,655.6 6.0	802.1 11.9
軟体類	30 24.8	25,694.4 58.0	5,619.2 83.5
シズクガイ	1 3.3	411.1 1.6	4.1 0.1
チヨノハナガイ	1 3.3	1,175.0 4.6	51.3 0.9
その他	6 5.0	694.4 1.6	50.8 0.8
総計	121 100.0	44,297.2 100.0	6,730.5 100.0

(単位面積: m²)

ica)が33.1%、カワグチツボ(*Fluviocingula nipponica*)が29.5%、多毛類ではイトゴカイ科の一種が27.8%、ミズヒキゴカイの一種が11.5%と優先した。総湿重量は軟体類が5,610g/m²と全体の83.5%を占め、棘皮類が11.2%と続いた。汚染指標種の出現状況は多毛類のヨツバネスピオB型、軟体類のシズクガイおよびチヨノハナガイの3種がみられた。これらの汚染指標種が種類中に占める割合は総個体数および総湿重量ともに1割程度で、優占種として出現することはなかった。

マクロベントス調査における各項目の水平分布状況を図3に示した。総個体数は筑後川河口域、沿中部および峰の洲中心の沖合海域に500個体/m²を超える分布が見られ、各海域の中心部に1,000個体/m²以上の分布が認められた。出現状況をみると多毛類、軟体類、甲殻類はほぼ全域でみられたが、沿岸域で多毛類の寡占状態がみられた。また、多毛類は沿中部、軟体類は沿北部や沖西部、甲殻類は沖東部で出現割合が高かった。汚染指標種の出現状況は沿岸域と沖合域を区分するライン付近にヨツバネスピオB型の分布がみられ、三池島南で200個体/m²と最高値を示した。また、シズクガイは沿北部から沖東部にかけて、チヨノハナガイは沖西部に分布し、シズクガイは筑後川河口付近で88個体/m²、チヨノハナガイは峰の洲西で600個体/m²と最も多かった。総湿重量は筑後川河口やナツツなど沿北部の一部や、27号、矢部川河口域で100g/m²を超え、特に、矢部川河口域では2,000g/m²以上の高い値がみられた。汚染指標種をみるとシズクガイが筑後川直下で1.8g/m²、チヨノハナガイが峰の洲西で22.0g/m²と多かったが、ヨツバネスピオB型については調査定点による大きな差は認められなかった。多様度指数は0~3.6の範囲で、峰の洲北や沿岸域の一部などで高い値を示し、均衡度指数は0~1.4の範囲で、沖東部の一部では1を下回った。

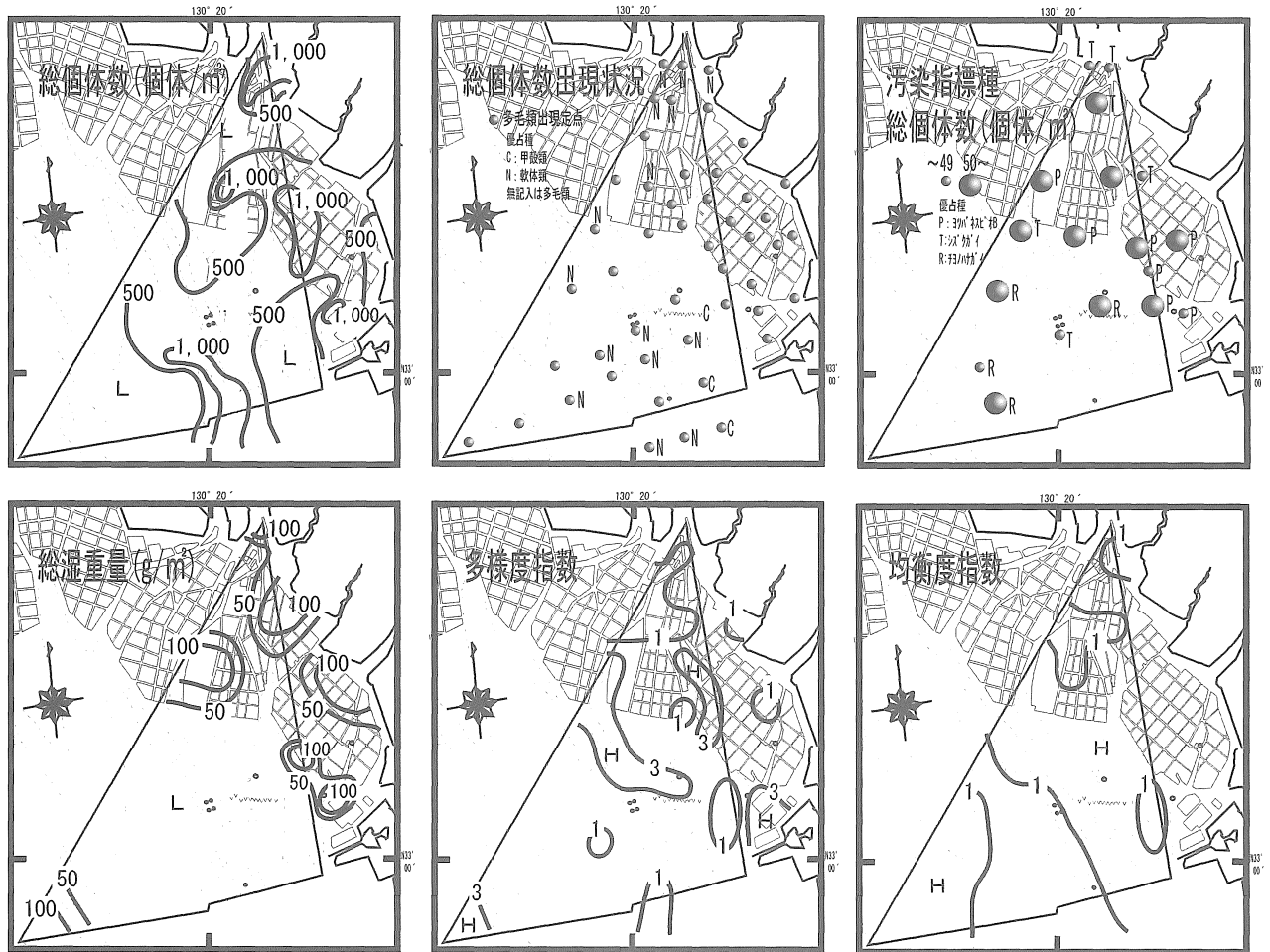


図3 マクロベントス調査における各項目の水平分布

3. 底質とマクロベントスの関係

底質およびマクロベントスの各項目間における相関関係を表2に示した。底質の各項目間は何れも有意な正の相関がみられた。マクロベントスの各項目間には種類数に起因する項目で有意な正の相関がみられたが、その他の項目間の相関は認められなかった。また、底質とマクロベントスの各項目における相関関係についても相関はみられなかった。

4. 経年比較

'01年調査と'90年調査の分析値を直接比較した結果について表3に示した。MCは0.3~2.8倍と、沿中部の泥化傾向が顕著であった。CODは0.1~8.6倍、TSは0.01~8.1倍と、沿北部および沿中部に高い値を示す海域があった。総個体数は0.1~117倍、多様度指数は0.5~10.7倍の範囲で、ともに増加傾向を示した定点が多くみられた。

表2 底質およびマクロベントスにおける相関関係

項目	Mdφ	MC	COD	TS	IL	総個体数	総湿重量	多様度指数	均衡度指数
Mdφ		0.914**	0.778**	0.644**	0.657**	0.052	0.042	-0.110	-0.063
MC			0.900**	0.683**	0.746**	0.136	-0.033	-0.152	-0.109
COD				0.715**	0.767**	0.094	0.004	-0.176	-0.153
TS					0.626**	-0.254	0.095	-0.001	-0.019
IL						0.169	0.061	0.049	0.047
総個体数							-0.083	-0.010	-0.237
総湿重量								-0.096	0.108
多様度指数									0.765**
均衡度指数									

** : 1%有意

表3 '01年および'90年の分析値の直接比較

漁場名	海域区分名	MC	COD	TS	総個体数	多様度指数
沖端川河口		1.0	0.1	0.2	117.0	1.3
ナツツ	沿北部	0.4	1.7	1.2	+	1.0
エドナカツ		0.7	1.0	2.9	4.3	1.3
セイマリ		0.3	0.6	0.5	4.0	2.6
ヒヤツガン		0.5	5.0	0.1	0.1	10.7
16号		2.8	3.3	8.1	10.7	1.5
17号	沿中部	1.1	8.6	1.1	0.5	2.6
24号		1.6	4.6	1.8	0.3	0.5
27号		0.7	0.5	0.4	8.0	2.7
36号	沿南部	0.8	1.0	3.1	0.9	0.7
三池島		0.7	0.7	1.1	13.1	3.6
峰の洲南	沖東部	0.3	0.3	0.0	29.9	0.5
平均値		0.9	2.3	1.7	17.2	2.4

算出方法:'01年/'90年

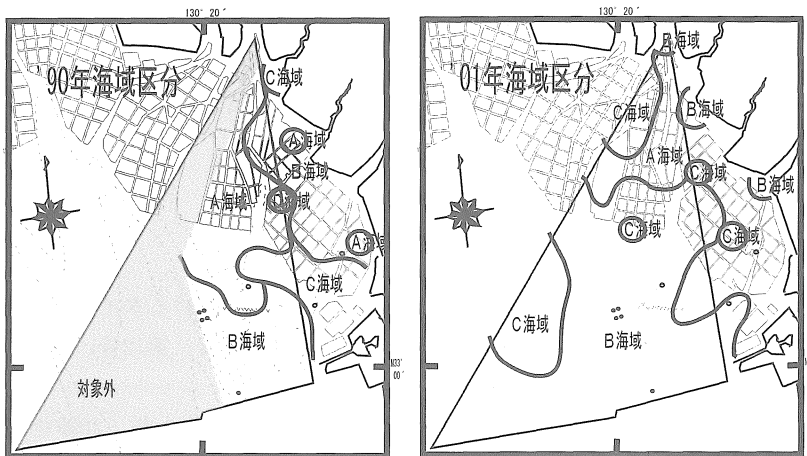


図4 '90年および'01年の海域区分

表4 海域区分における平均的特徴

項目	A海域	B海域	C海域	D海域
MC	86.6	62.1	21.7	46.4
TS	0.7	0.2	0.0	0.3
COD	24.8	13.0	4.8	1.4
総個体数	320.0	895.1	873.8	20,800.0
多様度指数	1.3	1.4	1.8	0.3

主成分分析の結果、第1主成分はMC (-0.900)、COD (-0.904)、TS (-0.748)の合成変量で底質項目を表す総合指標を示し、第2主成分はマクロベントスの総個体数(0.802)、多様度指数(-0.673)の合成変量でマクロベントス項目を示す主成分負荷量を得た。これらのスコアは既に正規化した値であることから平方ユークリッド距離を求め、ウォード法によりクラスター分析を行った。その結果、主成分分析と同じく底質項目とマクロベントス項目と2区分されたため、グループ化の手法として使用しても差し支えないと考えた。そこで'01年および'90年の調査定点についても同手法でグループ化を行った。その結果を図4および表4に示した。A海域は底質の悪化が顕著な海域、B海域は富栄養状態の底泥にあってマクロベントスの出現数が高い海域、C海域はB海域よりも底環境が良好な海域、D海域は有機物が比較的多いものの還元傾向に無く一部の優先種に支えられた海域である。'90年は4海域に区分され、A海域は沿北部、B海域は沿中部と沖東部、C海域は沿南部、D海域はヒヤッカン付近で概ね区分された。'01年は3海域に分割され、A海域は沖端川直下からエドナカツにかけた沿北部の一部、沿中部の沿岸域、沿南部、沖合域の一部、B海域は筑後川直下および矢部川直下、沿北部のセイドマリから沿中部の18号にかけた範囲と沖合域、C海域は沿北部の西側と沿岸域の極一部に分けられた。'90年と比較して'01年はA海域の沿岸化とC海域の減少が認められた。

考 察

水産用水基準では初期汚染泥を COD で20~30mg/g 乾

泥、TS で0.2~0.9mg/g 乾泥、汚染泥を COD で30mg/g 乾泥以上、TS で1 mg/g 乾泥以上と規定している⁹⁾。底質調査の結果から沿北部を中心とした沿岸域の広い範囲で底質の悪化が懸念された。

また、マクロベントスについて玉井¹⁰⁾は底質が悪化すると多毛類は増加すると指摘している。マクロベントス調査の結果、多毛類の出現が全域的にみられ、その出現割合も高いこと、沿岸域や沖合域ともに汚染指標種の出現がみられること、多様度指数や均衡度指数の値が低く沖合域の一部に寡占傾向がみられることなどから、有明海における生物層の単純化が推察された。

底質項目間の関係をみると何れの場合も有意な正の相関が得られたことから、底質が悪化すれば有機物の含有量指標も高くなると示唆された。一方、マクロベントス項目間には多様度指数と均衡度指数の間に有意の相関がみられたものの、他の項目については有意な相関は認められず、また底質項目とマクロベントス項目との間にも相関はみられなかった。さらに、'01年調査と'90年調査の各項目における分析値を直接、経年比較した結果でも多くの調査定点で分析値の上昇がみられ、底質の悪化にも係わらずマクロベントスの総個体数や多様度指数は増加傾向を示したことを意味する。一般に、富栄養化した海域では環境耐性を有した種類の個体数が増加することからマクロベントスの多様度指数は減少する¹⁰⁾。しかしながら有明海では浮泥質の底質が広がっていること、河川水の影響を強く受けること、干満の差が大きいことなど環境変化が大きいうえ、元来これらの影響に適応した種で構成されていることが底質悪化に係わらず総個体数や多様度指数などが経年減

少をとどめた理由ではないかと考えられた。

また、主成分分析を用いて'90年調査と相対比較した結果、A海域の沿岸化およびC海域の減少が認められた。これは沿岸域を中心に底環境の悪化が進行したことを示し、アサリなど浅海性魚介類の主要漁場に有機物が堆積し生息環境の悪化によって漁獲量が減少したという懸念にも符合する。

底環境の悪化原因については、貧酸素水塊の発生などに代表される環境的作用によるものが挙げられる¹¹⁾。本海域に於いても夏季を中心に貧酸素水塊の発生がみられており¹⁾、底環境への影響が懸念される。一方、海底陥没など物理的作用についても無視できない^{3,12)}。陥没した海底では浮泥の沈降・堆積が促進され、潮流や干出現象などが有する有機物の分解能力の低下が指摘されている¹³⁾。今後、定期的なモニタリング調査を通じて環境的および物理的要因について検討を進め、底環境の悪化メカニズムを解明していく必要があると考えられた。

要 約

- 1) 夏季における有明海全域の底質およびマクロベントスについて現状を把握し、'90年8月の調査結果を用いて本海区の底環境について比較検討した。
- 2) 底質調査の結果、沿北部を中心とする沿岸域の広い範囲で底質の汚染が認められた。
- 3) マクロベントス調査の結果、全域的な生物層の単純化が推察された。
- 4) 底質およびマクロベントスにおける各項目間の相関関係は、底質項目について何れの場合も有意な正の相関が得られ、底質が悪化すれば有機物の含有量指標も高くなると示唆された。一方、マクロベントス項目については何れも相関はみられなかったものの、経年変化では増加傾向を見せた。これは、有明海の海域特性に適應した種類によって総個体数や多様度指数などが減少しなかったと考えられた。
- 5) 底質4項目(Md φ, MC, COD, TS)とマクロベントスの2項目(総個体数, 多様度指数)を用いて主成分分析した結果、3海区に分割、'90年の調査資料と比較してA海域の沿岸化およびC海域の減少が認められ、沿岸域を中心に底環境の悪化が進行した。
- 6) 今後、定期的なモニタリング調査を通じて環境的および物理的要因について検討を進め、底環境の悪化メカニズムを解明していく必要があると考えられた。

謝 辞

本調査における採泥並びに底質分析に協力頂いた、福岡県水産林務部ノリ不作問題等対策班の関係各位に謝意を表す。

文 献

- 1) 松井繁明：有明海北東漁場におけるタイラギの資源動向。福岡県水海技セ研究報告，第12号，29-35，(2002)。
- 2) 小谷正幸・福永剛・尾田成幸・瀧上哲：2000年度ノリ漁場における色落ちの発生状況。福岡県水海技セ研究報告，第12号，117-122，(2002)。
- 3) 日本海洋学会海洋環境問題委員会：有明海環境悪化機構究明と環境回復のための提言。海の研究，第10巻第3号，241-246，(2001)。
- 4) 水産庁：漁場保全対策推進事業調査指針。45，(1996)。
- 5) 秋本恒基・山下輝昌：有明海福岡県地先の底質及び底生生物。福岡県有明水試研究業務報告，平成2年度，109-114，(1992)。
- 6) 日本水産資源保護協会：新編水質汚濁調査指針。恒生社厚生閣，237-256，(1980)。
- 7) Shannon C. E.・W. Weaver：The Mathematical Theory of Communication, University of Illinois Press, Urbana (1949)。
- 8) Pielou E. C.：Mathematical Ecology, John Wiley & Sons, New York, 384，(1977)。
- 9) 日本水産資源保護協会：水産用水基準。66-68，(1995)。
- 10) 玉井恭一（編：渡辺競）：底生生物—海面養殖と養魚場環境。恒生社厚生閣，69-78，(1990)。
- 11) 鈴木輝明・青山裕晃・甲斐正信・今尾和正：底層の貧酸素化が内湾浅海底生生物群集の変化に及ぼす影響。海の研究，第7巻第4号，223-236，(1998)。
- 12) 佐藤正典：有明海の重要性—危機に瀕した干潟生物の最後の砦。日本ベントス学会誌，第56号，55-57，(2001)。
- 13) 尾田成幸・山本千尋・恵崎撰：有明海福岡県地先の底質環境と底生生物。福岡県水海技セ研究報告，第9号，73-74，(1999)。